

УГОЛ СКАЛЫВАНИЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СВОБОДНОГО АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА ПОД ОСТРЫМ УГЛОМ К ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А. А. Андилахай, профессор, д-р техн. наук, ГВУЗ «ПГТУ»

Введение. В приборостроении и электротехнической промышленности получил применение метод абразивной обработки деталей затопленными струями, являющийся наиболее перспективным методом струйно-абразивной обработки мелких деталей малой жесткости. Данный метод исключает основной недостаток струйно-абразивных установок – абразивный износ каналов сопел или инжекционных насадок, однако недостаточно изучен и не позволяет в максимальной степени использовать потенциальные возможности в плане повышения производительности обработки и обеспечения требуемых параметров качества. Это требует дальнейших исследований технологических закономерностей данного метода, особенно динамики взаимодействия абразивных зерен с обрабатываемым материалом.

Исследованию динамики процесса струйно-абразивной обработки посвящены работы, в которых определены оптимальные условия обработки по критерию производительности и качества. Однако эти условия получены на основе экспериментальных исследований, справедливых для частных условий обработки. Применение их для других режимов обработки и характеристик абразивных зерен не всегда возможно. Поэтому необходимы более общие теоретические решения, позволяющие аналитически описать процесс в широких диапазонах изменения параметров обработки. Прежде всего, это относится к аналитическому описанию энергетики движения абразивного зерна в обрабатываемом материале, что позволит оценивать и сравнивать различные методы струйно-абразивной обработки. Научной основой решения данной задачи следует рассматривать теоретический подход к анализу закономерностей абразивной обработки, разработанный проф. Новиковым Ф.В. В связи с этим представляется актуальным развитие этого подхода применительно к струйно-абразивной обработке.

Целью статьи является теоретическое обоснование условий повышения производительности и качества струйно-абразивной обработки. Для достижения поставленной цели необходимо решить проблему минимизации энергозатрат движения абразивного зерна в обрабатываемом материале и условиями образования микросрезов. Это позволит определить возможности интенсификации обработки.

Для решения поставленной проблемы рассмотрим условия, при которых со стороны движущегося со скоростью V_0 абразивного зерна на обрабатываемый материал действуют главная P_z и радиальная P_y составляющие силы резания, которые вызывают периодическое разрушение (сдвиг) материала вдоль условной плоскости сдвига, расположенной под углом β к направлению движения зерна (рис. 1).

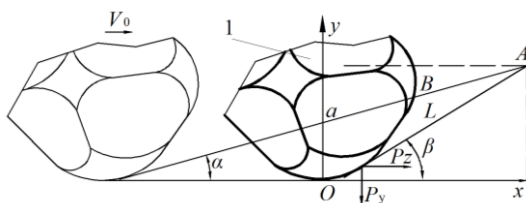


Рис. 1. Расчетная схема внедрения абразивного зерна в металл

Для определения положения условной плоскости сдвига О-А (рис. 2) обрабатываемого материала установим касательное напряжение τ , возникающее в данной плоскости:

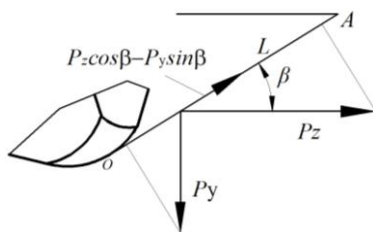


Рис. 2. Расчетная схема к определению касательного напряжения

$$\tau = \frac{P_z \cdot \cos \beta - P_y \cdot \sin \beta}{b \cdot L}, \quad (1)$$

где b – ширина среза, м; $L=OA$ – длина плоскости сдвига материала, м.

Длину L найдем на основе решения двух тригонометрических уравнений, вытекающих из рис.1:

$$\begin{cases} y = a + tg \alpha \cdot x, \\ y = tg \beta \cdot x, \end{cases} \quad (2)$$

где x и y – координаты точки пересечения условной плоскости сдвига OA с обрабатываемой поверхностью BA ; a – толщина среза, м; α – угол входа абразивного зерна в обрабатываемый материал.

Решая систему уравнений (2), имеем

$$tg\beta \cdot x = a + tg\alpha \cdot x$$

$$tg\beta \cdot x - tg\alpha \cdot x = a$$

$$x(tg\beta - tg\alpha) = a$$

$$x = \frac{a}{(tg\beta - tg\alpha)};$$

Подставив значение x в выражение длины плоскости скалывания-сдвига L , получим:

$$L = \frac{x}{\cos \beta} = \frac{a}{\cos \beta \cdot (tg\beta - tg\alpha)}.$$

Подставляя полученные выражения в зависимость (1), одновременно умножая и деля выражение на P_y , получим:

$$\tau = \frac{P_y \cdot \cos \beta \cdot (tg\beta - tg\alpha)}{v \cdot a} \cdot (K_{uu} \cdot \cos \beta - \sin \beta), \quad (3)$$

где $K_{uu} = P_z / P_y$ – коэффициент абразивного резания: $K_{uu} = ctg(\psi + \gamma)$; ψ – условный угол трения абразивного зерна с обрабатываемым материалом; γ – отрицательный передний угол режущего абразивного зерна.

При условии постоянства угла γ и $\psi + \gamma = \psi_1$, получим $K_{uu} = ctg\psi_1$. После соответствующих тригонометрических преобразований зависимость (3) выразится:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{P_y \cdot \cos \beta \cdot (tg\beta - tg\alpha)}{v \cdot a} \cdot (K_{uu} \cdot \cos \beta - \sin \beta) = \\ &= \frac{P_y}{v \cdot a} \cdot \frac{(\sin \beta \cdot \cos \alpha - \sin \alpha \cdot \cos \beta)}{\sin \psi_1 \cdot \cos \alpha} \cdot (\cos \psi_1 \cdot \cos \beta - \sin \beta \cdot \sin \psi_1) = \end{aligned}$$

$$= \frac{P_y}{2 \cdot b \cdot a \cdot \sin \psi_1 \cdot \cos \alpha} \cdot [\sin(2\beta - \alpha + \psi_1) - \sin(\alpha + \psi_1)]. \quad (4)$$

Как следует из зависимости (4), касательное напряжение τ с увеличением угла β изменяется по закону синусоиды $\sin(2\beta - \alpha + \psi_1)$, рис. 2. При условии $\sin(2\beta - \alpha + \psi_1) = 1$ касательное напряжение τ принимает максимальное значение τ_{max} . Угол β , соответствующий максимальному касательному напряжению τ_{max} , будет определять положение условной плоскости сдвига обрабатываемого материала:

$$\beta = \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha - \psi_1}{2}. \quad (5)$$

Как видно, условный угол сдвига обрабатываемого материала β тем больше, чем больше угол входа абразивного зерна в обрабатываемый материал α и меньше угол $\psi_1 = \psi + \gamma$, т.е. чем меньше условный угол трения обрабатываемого материала с абразивным зерном ψ (или коэффициент трения f) и отрицательный передний угол режущего абразивного зерна γ .

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ И СНИЖЕНИЯ ИЗНОСА КРУГА ПРИ ШЛИФОВАНИИ

В. А. Андилахай, доцент, к.т.н., ГВУЗ «ПГТУ»

Процессы шлифования получили широкое применение в металлообработке благодаря возможности обеспечения высоких показателей точности и качества обрабатываемых поверхностей [1, 2]. В связи с этим, изучению физической сущности и технических возможностей процесса шлифования уделяется большое внимание. В настоящее время разработаны теоретические основы шлифования, математически формализованы основные закономерности процесса, обоснованы оптимальные условия обработки и перспективы развития шлифования [3]. Вместе с тем, процесс шлифования по физической